

Laboratorio di elettronica L-A

Soluzione esercitazione 6

Il circuito in figura rappresenta uno specchio di corrente di tipo pozzo, pilotato dal generatore I_0 . Quest'ultimo fissa la corrente di collettore e di base di Q_1 e la corrente di base di Q_2 . In questo modo viene fissata anche la tensione V_{be} dei due transistori. Il modello che descrive i transistori è quello di Ebers-Moll a tre parametri. In particolare, la tensione V_A tiene in conto l'effetto Early. In realtà, essendo il transistor Q_1 connesso a diodo, per cui la sua giunzione base-collettore è sempre nulla, V_A entrerà soltanto nei calcoli di Q_2 . Infatti, non c'è modulazione della regione di base di Q_1 per effetto della tensione V_{cb1} .

La determinazione del β_F dei due transistori può essere fatta esprimendo la corrente di collettore di Q_2 in funzione della sua corrente di base. La corrente di base può essere determinata agevolmente in funzione della corrente I_0 . Uguagliando la tensione di uscita nota a quella ottenuta attraverso la legge di Ohm su R_C , si ottiene una equazione con la sola incognita β_F .

Determinazione di β_F : L'effetto Early attraverso la sola tensione V_A interessa soltanto il transistor Q_2 . Dal momento che il transistor Q_2 opera in regione normale, avendo corrente di base entrante e $V_{ce2}=V_u=4\text{ V}$, la sua corrente di collettore secondo il modello di Ebers-Moll è la seguente:

$$I_{c2} = I_S \left(1 + \frac{V_{cb2}}{V_A} \right) \left(e^{\frac{V_{be2}}{V_T}} - 1 \right) \quad [1]$$

L'espressione contiene V_{cb2} che per essere espressa richiede la conoscenza di V_{be2} . Siccome non viene fornito nè V_T né I_S , è opportuno approssimare V_{cb2} nell'espressione con V_{ce2} . Questa approssimazione è lecita in quanto $V_{ce2} \gg V_{be2}$ e V_A è elevata. Con questa semplificazione il legame fra la corrente di base di Q_2 e la I_{c2} diventa il seguente:

$$I_{c2} \approx I_{b2} \beta_F \left(1 + \frac{V_{ce2}}{V_A} \right) = I_{b2} \beta_F \left(1 + \frac{V_u}{V_A} \right) \quad [2]$$

La tensione di uscita V_u non è altro che V_{CC} meno la caduta di tensione su R_C :

$$V_u = V_{CC} - R_C I_{c2} \approx V_{CC} - R_C I_{b2} \beta_F \left(1 + \frac{V_u}{V_A} \right) = 4\text{ V} \quad [3]$$

Resta da determinare I_{b2} , per arrivare a una equazione con la sola incognita β_F . Nello specchio di corrente non degenera di tipo pozzo, i transistori hanno la stessa tensione V_{be} e la stessa corrente di base. Siccome il transistor Q_1 è connesso a diodo, I_0 è la somma della corrente di emettitore di Q_1 e della corrente di base di Q_2 , che è uguale a quella di Q_1 . Ne deriva la seguente relazione fra la I_0 e I_{b2} :

$$I_{b1} = I_{b2} = \frac{I_0}{\beta_F + 2} \quad [4]$$

Sostituendo questa espressione nell'equazione [3] si ottiene:

$$V_u \approx V_{CC} - R_C \frac{I_0 \beta_F}{\beta_F + 2} \left(1 + \frac{V_u}{V_A} \right)$$

Esplicitando β_F si arriva alla relazione finale:

